Weiterer Beitrag

zur

Kenntniss des Nervenverlaufs in der Rückenhaut von Rana fusca.

Der

Medicinischen Fakultät zu Rostock

als

Habilitationsschrift

vorgelegt von

Dr. med. Adolf Kühn

I. Assistent der med. Univ.-Klinik zu Rostock.

Sonder-Abdruck aus dem Archiv für mikr. Anatomie u. Entwicklungsgesch.
Verlag von Friedrich Cohen in Bonn.

1902

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41549205_0028

(Aus dem anatomischen Institut zu Bonn.)

Weiterer Beitrag zur Kenntniss des Nervenverlaufs in der Rückenhaut von Rana fusca.

Von

Dr. **A. Kühn,**

I. Assistent der med. Univ.-Klinik zu Rostock.

Mit 13 Figuren im Text.

Wenn auch die Frage, ob die Mittellinie des Körpers von den Hautnerven überschritten werde, durch die auf dem Anatomencongress zu Basel, April 1895 gemachten Angaben Nussbaum's und seine dort vorgezeigten Präparate im Princip entschieden war, so schien es doch wünschenswerth, im Anschluss daran eine Reihe weiterer Fragen zu prüfen und zu erledigen.

Nach Nussbaum hatte Zander [1]) durch Präparation an der Kopfhaut und Sensibilitätsprüfungen nach Nervenoperationen die Gültigkeit der von Nussbaum für den Frosch (Rana fusca) und die weisse Maus gefundenen Thatsachen auch für den Menschen nachgewiesen.

Hoehne [2]) untersuchte in letzter Zeit das Verhalten speziell der Gaumen- und Dammnerven beim Menschen in Bezug auf ihren Uebergang über die Medianlinie in der Erwartung, dass diese beiden Gegenden von der allgemeinen Regel des Fasern-Uebergangs eine Ausnahme machen würden, wie es die klinische Sensibilitätsprüfung (kleinere Tastkreise als am übrigen Körper) wohl vermuthen liess. Er fand indess auch hier — auf anatomischem Wege —, dass die Nerven in der Schleimhaut des Gaumens und in der Haut des Damms ebenso die Mittellinie von beiden Seiten überschreiten, wie die am übrigen Körper.

Die Untersuchung der einzelnen Nervenfasern in der menschlichen Haut stösst jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten. So gelang es Zander nach sorgfältiger Präparation der grösseren

1) Zander, Ueber das Verhalten der Hautnerven in der Mittellinie des menschl. Körpers. Sitzungsber. der biolog. Section der phys.-ökon. Gesellsch. Königsberg, 28. Jan. 1897.

2) Hoehne, Beiträge zur Kenntniss des Tastsinnes der Haut und der Schleimhäute, besonders in der Medianlinie des Körpers. Inaug.-Diss. Rostock 1898.

Nervenstämme und darauf folgender Aufquellung der Cutis durch Essigsäure mit Hülfe von Lupenvergrösserung nur Nervenfädchen nachzuweisen, welche eine geringe Anzahl von Fasern enthielten.

Eine einzelne Faser dagegen auf längere Strecken zu verfolgen, war vollständig unmöglich. Auf diesem umständlichen und schwierigen Wege kommt er u. A. zu dem Resultat, dass die Verzweigungen der einzelnen Nervenstämme stets sehr complicirt in einander greifen, so dass in der Regel jeder Hautbezirk von mindestens zwei Seiten seine Innervation erhält. Auch die Mittellinie macht von diesem Verhalten keine Ausnahme.

Eine bessere Beobachtung des feineren Fasernverlaufs gestattet nun die nach dem von M. Nussbaum[1]) angegebenen Verfahren präparirte Froschhaut.

Diese in der Hauptsache in Spaltung der Froschhaut vermittelst Essigsäure und nachfolgender Färbung mit Ueberosmiumsäure bestehende, nach M. Nussbaum von Ottendorf[2]) beschriebene Methode giebt absolut klare Bilder und gestattet ein genaues Studium der einzelnen Fasern. Auf diese Weise untersuchte Ottendorf unter Hinzuziehung der Degenerationsmethode den Verlauf der Nervenstämme und ihrer Verzweigungen, und ich[3]) kam bei meinen ersten Untersuchungen an der Rückenhaut von gesunden Landfröschen zu dem Schluss, dass auch die Mittellinie des Körpers kein Hinderniss ist für den Verlauf der Nervenfasern von beiden Körperseiten, dass vielmehr auch den der Mittellinie des Körpers benachbarten Gebieten eine mehrfache Innervation eigen ist. Zugleich gab die Methode interessanten Aufschluss über den oft eigenartigen Verlauf einer besonderen Art von Primitivfasern, welche sich hierdurch, sowie durch ihre grössere Dicke und stärkere Färbbarkeit vor den übrigen Fasern auszeichnen.

Was die eben erwähnte Degenerationsmethode anbelangt, so liegt ihr der Gedanke zu Grunde, die in Folge Durchschneidung der einseitigen Nerven eintretende Degeneration zum leichteren

1) Nussbaum, Ueber den Verlauf und die Endigung peripherer Nerven. Verhandlungen der Anat. Gesellsch. in Basel 1895.

2) Ottendorf, Die Plexusbildung der Nerven in der Mittellinie der Rückenhaut einheimischer Frösche. Archiv f. mikroskop. Anat. und Entwicklungsgeschichte Bd. 53. 1898.

3) A. Kühn, Zur Kenntniss des Nervenverlaufs in der Rückenhaut von Rana fusca. Archiv f. mikroskop. Anatomie u. Entwicklungsgeschichte Bd. 55. 1899.

anatomischen Nachweis des Ueberganges einer gesunden in Ueberosmiumsäure gefärbten Nervenfaser in das degenerirte und deshalb von der Säure nicht färbbare Gebiet der durchschnittenen Nervenstämme zu benutzen. Foerster und Ottendorf haben diese Methode angewandt, konnten aber an ihren operirten Fröschen nur das Ueberschreiten der Mittellinie von Fasern der gesunden Seite auf kurze Strecken nachweisen. Ein direkter Uebergang einer intakten Faser von einem Nervenstamm zum correspondirenden der anderen Seite liess sich nicht feststellen.

Durch fortgesetzte Versuche bin ich nun dieser Frage etwas näher getreten und werde im Folgenden über meine Ergebnisse berichten.

Zuvor möchte ich, was den makroskopischen Verlauf der betr. Nerven anbelangt, auf die oben citirten Arbeiten sowie auf die von Gaupp besorgte II. Auflage der „Anatomie des Frosches von A. Ecker und R. Wiedersheim“ verweisen.

Es wurde die die Nervendegeneration bezweckende Operation zunächst in der von Ottendorf geschilderten Weise gemacht, indem einem gesunden Thiere nach möglichster Desinfection (Alkohol) und im Uebrigen selbstverständlich mit allen Cautelen der Asepsis die Rückenhaut etwas medial vom seitlichen Rückenwulst vermittelst eines ca. 2 cm langen Schnittes durchtrennt und der Rücken-Lymphsack eröffnet wurde. Vom cranialen wie caudalen Ende des Schnittes wurde dann noch ein Schnitt rechtwinklig zu ersterem und zur Mittellinie geführt, wodurch die etwa von oben oder von unten eintretenden Nerven durchschnitten wurden, und ein Hautlappen entstand, der nur noch an der medialen Seite mit der Haut zusammenhing und nur aus dieser Richtung von Nerven versorgt werden konnte.

Die erst eine längere Strecke im Lymphsack verlaufenden und dann in den Hautlappen eintretenden Nervenstämme (Rami cutan. dorsi medial.) wurden nun durchschnitten und von ihnen zwecks Verhinderung einer zu frühen Wiedervereinigung ein ca. 1—2 mm langes Stück resecirt. Dann folgte genaue Naht mit besonderer Berücksichtigung des glatten Aneinanderliegens der Hautränder.

Trotz der grössten Vorsicht und absoluter Asepsis erfolgte die Heilung nur selten per primam; ein Umstand, welcher das Gelingen des Versuchs in hervorragender Weise beeinträchtigte.

Eine grosse Anzahl der Thiere starb an secundärer Infection der Wunde oder an anderen intercurrenten Krankheiten.

Die zuerst auf diese Weise operirten Thiere wurden nun etwa 4 Wochen nach der Operation getötet und ihre Rückenhaut wurde nach der Nussbaum'schen Methode verarbeitet. Die resecirten Nerven waren dann fast vollkommen degenerirt, es liess sich daher mit Leichtigkeit der Verlauf gefärbter Fasern (Osmiumsäure) der gesunden Seite über die Mittellinie herüber in das Gebiet der degenerirten Nerven verfolgen. Es fanden sich an vielen Stellen Figuren, wie sie Ottendorf wiedergiebt.

Ausserdem fanden sich in jedem Präparat, auch in den klinisch anscheinend primär geheilten Fällen, reichlich Entzündungsresiduen in Gestalt von Verwachsungen der Lederhaut in den verschiedenen Schichten, von Zellanhäufung und Bindegewebswucherung in der Nähe der operirten Nerven, sowie namentlich auch Degenerationserscheinungen in den nicht operirten Nerven der anderen Seite. Wenigstens ist in diesem Sinne die Erscheinung anzusehen, dass auch in den nicht operirten Nervenstämmen zahlreiche Fasern verlaufen, deren Mark zu Fetttröpfchen zerfallen ist, und deren Axencylinder gequollen oder unterbrochen erscheint. Es läge nun nahe, solche degenerirte Fasern zum Beweis des Uebergangs von Fasern über die Mittellinie hinzuzuziehen; da sie den Anschein erwecken, direct vom operirten und degenerirten Nerven der anderen Körperhälfte zu stammen, zumal die Mittellinie selbst directe Uebergänge erkennen lässt. Indessen spricht das Vorhandensein von anderen Entzündungserscheinungen, das unregelmässige Auftreten dieser Fasern, ihr von dem des operirten Nerven oft verschiedenes Degenerationsstadium dafür, dass es ein auf irgend eine Noxe zurückzuführender Zerfall von Fasern des gesunden Nerven ist. Es stimmt diese Annahme überein mit den Befunden, welche sich nicht selten bei anscheinend ganz gesunden nicht operirten Thieren darbietet; hier trifft man oft dieselben Bilder von partiellem Faserzerfall resp. beginnender Alteration derselben. So wies das Präparat eines Frosches aus dem Froschteich des anatomischen Instituts zu Bonn mannigfache pathologische Veränderungen der einzelnen Fasern auf; dieselben waren in Osmiumsäure ungleichmässig gefärbt, streckenweise geschrumpft, an manchen Stellen wieder verdickt, das Mark geschwollen und zu grossen Tropfen zerfallen. Oft entfernten sich in einem Stamm die Fasern spulenartig von einander, um sich dann wieder zu einem Zweig von

normaler Dicke zu vereinigen. Aehnliche Bilder lieferten Thiere, die längere Zeit gehungert hatten.

Dass derartige Veränderungen nicht künstlich durch die Präparation bedingt waren, bewies der Umstand, dass die Haut eines gesunden, eben von der Wiese gefangenen Thieres vollkommen normale Verhältnisse zeigte.

Es kann also der Einfluss von gewissen Schädlichkeiten, wie in erster Linie Entzündungen in der Umgebung der Nerven, dann aber auch Schädlichkeiten allgemeiner Natur, wie Hunger, Gefangenschaft etc. die einwandfreie Beobachtung der Nervenpräparate nicht unerheblich beeinträchtigen.

Um nun zunächst erst eine vollkommene Resorption der eventuell vorhandenen Entzündungserscheinungen sowie der Degenerationsproducte der resecirten Nerven eintreten zu lassen und darauf den Ablauf der Regeneration abzuwarten, wurden die operirten Thiere monatelang gut gefüttert und erst, da eine vollständige Regeneration an den Ottendorf'schen Fröschen auch nach $3^1/_2$ Monaten noch nicht zu beobachten war, nach 9—11 Monaten getödtet.

Nach Ablauf dieser Zeit konnte man wohl sicher auf eine durch Regeneration stattgefundene restitutio ad integrum rechnen.

Während nach Ranvier beim Menschen die Regeneration der Nerven in nächster Nähe des Schnittendes im centralen Stumpf schon einige Tage nach der Operation beginnt und nach Ablauf des 3. Monats meist beendet ist, ist beim Frosch, wie v. Büngner[1]) nachgewiesen hat, nach einfacher Durchschneidung der Nerven am frühsten am 30. Tage nach der Operation eine beginnende Regeneration zu bemerken. Der Ablauf derselben lässt sich in Bezug auf die Zeitdauer schlecht beurtheilen, er richtet sich auch nicht am wenigsten nach dem Grade der Verletzung. Für die in Frage kommende Resection der Nervenstämme ist er erst, wie erwähnt, nach vielen Monaten zu erwarten.

Denn das Wichtigste in der angewandten Operationsmethode ist eben die Art der Nervendurchtrennung, welche sich von den Versuchen Ranvier's und Anderer erheblich unterscheidet. Letztere durchschnitten einfach die Stämme, ohne eine Wiedervereinigung der beiden Nervenstümpfe zu verhindern. Die danach

1) Büngner, Ueber Degenerations- und Regenerationsvorgänge an Nerven nach Verletzungen. (Beiträge z. path. Anat. s. Ziegler X, 1891.)

beobachtete Regeneration musste dann immer von dem centralen Nervenstumpf ausgegangen sein.

Die von uns angewandte Methode der Resection des Nervenstammes innerhalb des Rücken-Lymphsackes machte eine Verwachsung der beiden Nervenstümpfe von vornherein unmöglich; dem entsprechen auch die Befunde bei den einzelnen Thieren: bei keinem konnte eine directe Verwachsung der Nervenstammenden constatirt werden. Nur bei zwei Versuchen war die Haut stellenweise mit der Rückenfascie verwachsen, ohne dass jedoch dabei eine Wiedervereinigung der Nervenstümpfe zu sehen war. Indess konnte bei diesen beiden Thieren die Möglichkeit einer Regeneration vom centralen Stumpf aus nicht ganz wie bei den übrigen Versuchen ausgeschlossen werden.

Die einzelnen diesbezüglichen Befunde sollen bei Besprechung der einzelnen Versuche besonders berücksichtigt werden.

Es war also von vornherein eine Mitbetheiligung des centralen Stumpfes an der Regeneration so gut wie ausgeschlossen. Alle in dem operirten Gebiet vorhandenen, färbbaren Fasern konnten daher nicht von letzterem stammen, sondern mussten benachbarten Stämmen angehören.

In welcher Weise sich an dieser Regeneration nun sowohl die in der Haut durchschnittenen höheren und tieferen Nerven sowie die intakten Nerven derselben Seite als auch die nicht operirten correspondirenden Nervenstämme der anderen Seite betheiligen, wird aus den Präparaten ersichtlich werden.

Durch die entgegenkommende Güte von Herrn Prof. Nussbaum wurde es mir ermöglicht, die im anatomischen Institut zu Bonn begonnenen Untersuchungen nach Ablauf der betr. Zeit in Rostock fortzusetzen, wofür ich ihm auch an dieser Stelle meinen verbindlichsten Dank aussprechen darf.

Zu den einzelnen Versuchen übergehend, möchte ich zuvor erwähnen, dass bei der Beurtheilung des mikroskopischen Präparats auf den specielleren Faserverlauf hin sowohl die Degeneration als auch die Regeneration berücksichtigt werden musste. Es sind deswegen bei jedem einzelnen Präparat die bemerkenswerthen Einzelheiten über beide Vorgänge mit erwähnt.

Versuch I.

Mittelgrosser magerer Landfrosch. 8. VI. 99 Operation: rechtsseitiger Lappenschnitt und Resection zweier Nerven. Die

Hautwunde wird mit vier Seidennähten geschlossen; sie heilt „klinisch“ per primam, so dass sie bereits am 30. VI. 99 vollkommen vernarbt ist.

Sensibilität: 10. VI. 99, bei Berührung der rechtsseitigen Rückenhaut im Bereich des Lappens erfolgt keine Bewegung, während dieselbe bei Berührung der correspondirenden Stelle der linken Seite prompt ausgelöst wird.

30. VI. 99 Erregbarkeit der beiden Seiten gleich.

Das Thier blieb im Uebrigen gesund; 17. XI. 99 wird es zur Anfertigung des Präparats getötet, nachdem zuvor durch Eröffnung der Ven. abdom. eine möglichst grosse Menge Blut aus dem Gefässsystem entfernt war (zwecks Erzielung eines klaren, durch die störenden blutgefüllten Gefässe nicht beeinträchtigten Präparats). Bei der Ablösung der Rückenhaut vom Thier stellte sich heraus, dass die beiden resecirten peripheren Stümpfe, da sie ganz kurz abgeschnitten waren, makroskopisch nicht mehr zu sehen sind, während die centralen etwa 1 mm lang sind. Irgend welche Verwachsungen zwischen beiden sind nicht vorhanden. Die Haut ist nur im Bereich der Narbe mit der Unterlage etwas verklebt.

Es waren also seit der Operation über 5 Monate verstrichen.

Bei Betrachtung (— 35fache Vergrösserung —) des nach der Nussbaum'schen Methode angefertigten Präparats erscheinen die beiden resecirten Nerven als schwach gelblich gefärbte Stränge, welche im Bereich der Mittellinie zu dünnen Fäden reducirt, allmählich in die von der Osmiumsäure stark schwarz gefärbten Nervenstränge der gesunden Seite übergehen. Im Bereich der Schnittnarbe finden sich noch dicht gelagerte Pigmentzellen, Residuen der hier durch den Macerationsvorgang nicht völlig gelösten, weil entzündlich verklebten Lederhaut, und ein festeres, weniger durchsichtiges Bindegewebe. Irgend welche, in höherem Grade störenden Entzündungsresiduen sind nicht mehr nachweisbar.

Ausser den beiden resecirten Nervenstämmen ist noch der cranial und caudal zu ihnen auf der operirten Seite gelegene Stamm degenerirt. Während aber bei letzteren eine Regeneration in gewöhnlichem Sinne möglich war, da an ihnen kein Stück ausgeschnitten war, sondern sie nur einfach von dem Schnitt durchtrennt worden sind, ist dieselbe bei den resecirten Nerven direct ausgeschlossen. Denn eine Vereinigung der beiden Resectionsstümpfe im Rückenlymphsacke konnte nicht constatirt

werden. Es interessiren uns daher in erster Linie diese beiden resecirten Nerven.

Im Bereich der degenerirten Fasernetze findet man gesunde, d. h. schwarz tingirte dicke Fasern, welche sich über die Mittellinie herüber bis in einen Hauptast der gegenüberliegenden nor-

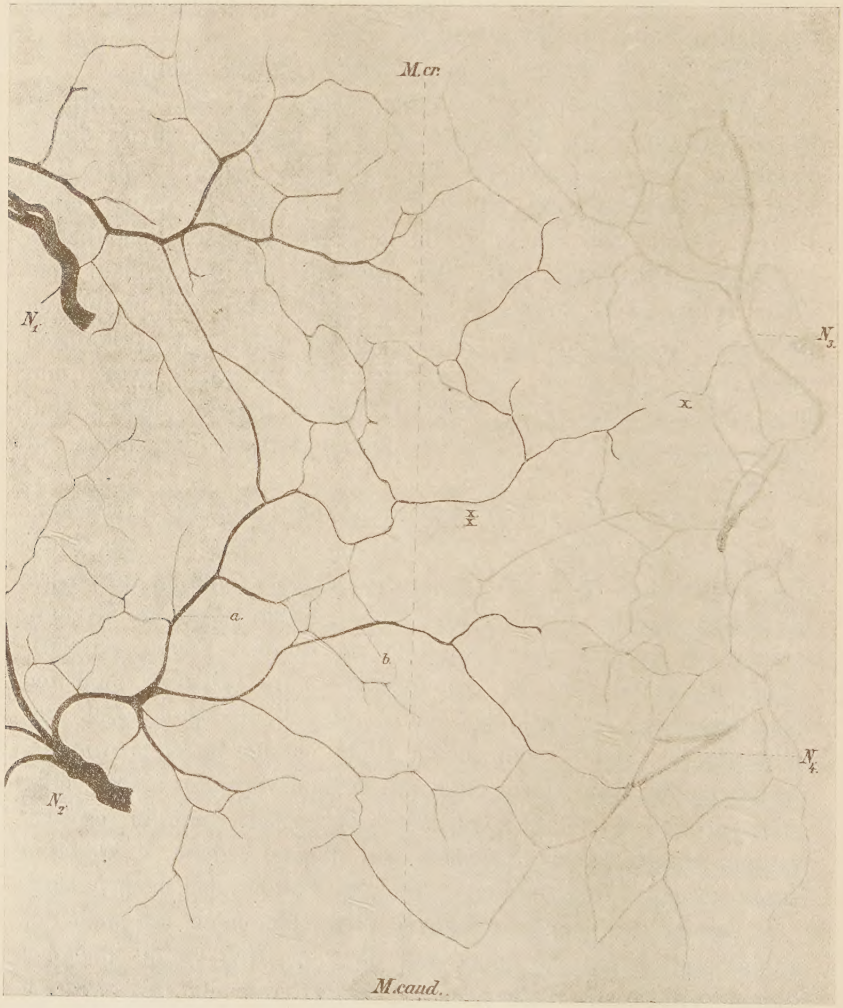

Fig. 1.

malen Nervenstämme verfolgen lassen, welche also von letzteren ausgehen. Zwei von diesen sind mit dem dazu gehörigen Nervennetz in Figur 1 abgebildet. Die Figur ist nach der 25fachen Vergrösserung des Präparates (Seibert Obj. 0a, Ocul. I) ver-

mittelst eines Zeichenprismas hergestellt. N_1 u. N_2 sind die erhaltenen Nerven der gesunden, N_3 u. N_4 die degenerirten und daher blasser gehaltenen der gegenüberliegenden Seite.

M. cr. — *M. caud.* bezeichnet die Mittellinie und zwar *M. cr.* die craniale und *M. caud.* die caudale Richtung. Die mit *a* und *b* bezeichneten Fasern sind bei stärkerer Vergrösserung tiefschwarz eingetragen; sie sind, damit sie sich besser abheben, etwas stärker gezeichnet, als es den natürlichen Verhältnissen entspricht, und lassen auf diese Weise deutlich ihren die Mittellinie überschreitenden Verlauf, ihre vielfachen Theilungen und Verästelungen, welche sich im Allgemeinen nach dem übrigen Nervennetz richten, erkennen. Nur lassen sie sich nicht, worauf es eben in der Hauptsache ankam, bis in den Mutterstamm verfolgen, weder auf der gesunden, noch auf der degenerirten Seite. Denn bei *x* findet man im ganzen Strang keine einzige gefärbte Faser, während bei *xx* die eingezeichnete die einzige gut gefärbte unter den degenerirten Fasern ist, wodurch sie sich, zumal sie zu der Kategorie der bekannten dicken Primitivfasern gehört, scharf abhebt.

Aehnlich gefärbte Fasern und von derselben Dicke treffen sich an manchen Stellen des degenerirten Fasernetzes mit von den gesunden Nerven abgesandten, ihnen entgegenkommenden Fasern und durchbohren dann, mit letzteren vereint, die Haut, wodurch sie sich einer weiteren Beobachtung entziehen; sie lassen sich, allerdings immer blasser werdend, nicht selten fast bis in einen degenerirten Stamm verfolgen und ähneln dann den oben besprochenen als Regenerationsprodukte angesprochenen Fasern.

Ihr Ursprung ist schwer zu erkennen; sehr wahrscheinlich ist, dass sie von der gesunden Seite stammen und dass ihr Zusammenhang mit einer von dort kommenden geschwärzten Faser in den oberen Schichten der Cutis, also ausserhalb der Möglichkeit der Wahrnehmung, liegt. Finden sich doch auch in dem Präparat an vielen Stellen spitzwinklige Theilungen, wobei der eine Schenkel umbiegt und in einer zur Mutterfaser entgegengesetzten Richtung verläuft.

Wir haben die in dem degenerirten Nerven vorhandenen geschwärzten oder theilweise gefärbten Fasern, welche sich nicht weiter verfolgen liessen, als Regenerationsprodukte angesprochen. Zeichen einer im Gange befindlichen Regeneration finden sich nun auch noch an anderen Stellen des Präparats und zwar besonders schön im Bereich der einen Querschnittsnarbe, in welcher

die durch den Schnitt getrennten peripheren Enden von Seitenästen eines grösseren Nervenstammes zusammenliegen. Der dazu gehörige centrale Stumpf ist im Lymphsack zurückgeblieben und daher im Präparat nicht enthalten. Irgend eine Vereinigung beider Enden war nicht zu bemerken, trotzdem eine Resection hier ja nicht stattgefunden hatte. Hier haben sich namentlich zwei grössere Stümpfe an der Spitze eigenartig umgestaltet.

Fig. 2.

Dieselben sind in Fig. 2 bei starker Vergrösserung (305= Seibert V, Ocul. I) ebenfalls vermittelst des Zeichenprismas wiedergegeben. Zunächst fällt hier eine Zuspitzung des ursprünglichen Nervenstumpfes auf, indem sich die inneren Fasern etwas retrahirt und die äusseren nach vorn und innen wenig umgebogen haben; namentlich scheinen die meist aussen verlaufenden dünneren Fasern die inneren dickeren überwachsen zu haben. In zweiter Linie ist eine starke Neubildung von marklosen, theils dickeren, theils dünnen mit zahlreichen Zellen versehenen Fasern

auffällig, welche fast durchweg in directer Verbindung mit der Schwann'schen Scheide und ihren Zellen stehen. Diese feinen Fasern schwärmen von dem Stumpf nach allen Richtungen auseinander, so dass das ganze Gebilde ein pinselartiges Aussehen bekommt. Sie entfernen sich, je mehr sie sich in das operirte Gebiet verlieren, immer mehr von einander, indem sie wie eine Schützenkette auseinander schwärmen. Dazu kommen ähnliche Gebilde und junge schon entwickelte marklose Nervenfasern aus anderen benachbarten Nerven derselben Seite, die in gleicher Weise das nervenlose Gebiet durchqueren. So bildet sich ein dichtes Netz aus jungen in der Entwicklung begriffenen Nervenfasern; treffen dieselben auf ihrem Weg einmal eine Faser oder einen Ast des degenerirten Nerven, so schliessen sie sich wohl vorübergehend demselben an, im Allgemeinen haben sie aber nicht die Tendenz, den Bahnen des alten Nerven zu folgen. Dabei ist zu bemerken, dass die oben erwähnten charakteristischen dicken Primitivfasern, denen nach den früheren Untersuchungen ein besonderes anatomisches Verhalten nicht abgesprochen werden kann, da sie in der gesunden Haut mit Vorliebe auf eigenen Bahnen ohne Rücksicht auf das übrige Nervennetz ziehen, nicht unter diesen jungen Fasern zu finden sind.

Eine Beobachtung, welche noch einmal den Uebergang von gesunden Fasern über die Mittellinie in das degenerirte Gebiet betrifft, verdient zum Schluss noch einer kurzen Erwähnung. Auffallend häufig findet man im Bereich der Mitte vom gesunden Nerv kommende Fasern, welche, im Gegensatz zu den Fasern *a* und *b* der Fig. 1, nach Ueberschreiten der Mittellinie nur auf kurze Strecken gut gefärbt sind und dann, je weiter sie sich in das degenerirte Gebiet erstrecken, um so undeutlicher werden. Diese zunehmende Undeutlichkeit geht einher mit degenerativen Veränderungen in den Fasern, welche nicht selten zur Lockerung und Quellung des Markes führen. Es wird dann eine derartige Faser schlechter sichtbar ohne Rücksicht auf etwaige Reducirung durch Abgabe von Seitenästen, wie es in anderen gesunden Präparaten der Fall ist, in denen sich eine gesunde Faser von gleicher Anfangsstärke, soweit sie sich natürlich nicht in einem Fasergewirr versteckt, gewöhnlich bis zu ihrem Durchtritt in die Oberhaut gut verfolgen lässt. Diese Beobachtung an unserem Präparat zwingt wohl zu der Annahme, dass die Faser im degenerirten Gebiet eine vielleicht direct von den degenerirten

Fasern des resecirten Nerven, mit welchen sie ja an manchen Stellen in nähere Berührung kommt, ausgehende Schädigung erleidet.

Um nun Gewissheit darüber zu erlangen, ob die gefundenen Faserveränderungen nicht etwa der langen Gefangenschaft oder ungenügender Ernährung zuzuschreiben waren, untersuchte ich darauf die in genau derselben Weise präparirte Haut eines gesunden Frosches, der dieselbe Zeit unter denselben Lebensbedingungen mit den operirten Thieren gehalten war. Hier fanden sich überall gesunde Fasern, nirgends auch nur die Spur einer Degeneration.

Versuch II.

Kleiner gut ernährter Landfrosch. 25. VII. 99 Operation: ebenfalls rechtsseitiger Lappenschnitt und Resection zweier Nerven. 4 Nadeln. Die Wunde heilt nicht ganz per priman; die Fäden lösten sich nach 4 Tagen von selbst. Die Sensibilität erschien nach der Operation im Bereiche des Hautlappens wenig herabgesetzt, glich sich aber nach kurzer Zeit vollkommen wieder aus. Die weitere Heilung verlief dann ohne Störung.

12. V. 1900 Tötung durch Verbluten und Anfertigung des Präparats in derselben Weise wie bei Versuch I. Zeitraum zwischen Operation und Tötung beträgt hier $10^1/_2$ Monate.

Die mikroskopische Untersuchung ergiebt eine vollkommene Degeneration der beiden resecirten Nerven. Denn während bei Versuch I im Präparat noch hier und da Degenerationsproducte wie Fetttröpfchen, Markschollen etc. vorhanden waren, sind dieselben hier im Laufe der langen Zeit zwischen Operation und Tötung verschwunden.

Beide Nerven erscheinen somit nur noch als Schatten bei schwächerer Vergrösserung. Sie liegen fest eingebettet in bindegewebigen Verwachsungen, Residuen früherer Entzündung, und sind überwuchert von zahlreichen braun bis tiefschwarz gefärbten Pigmentzellen, Chromatophoren, deren Ablösung von der Unterlage bei der Präparation nicht erfolgte, ein die Beobachtung der einzelnen Fasern ungemein erschwerendes Bild. In gleicher Weise wie die peripheren Stümpfe der resecirten Nerven waren bei diesem Thiere auch die centralen in Verwachsungen eingebettet. Eine directe Vereinigung beider Stümpfe vermittelst

dieser Verwachsungen war nun allerdings nicht vorhanden, immerhin war aber in diesem Fall die Möglichkeit einer Faserversorgung des peripheren im Präparat sichtbaren Endes vom centralen Stumpf durch den Lymphsackraum hindurch nicht ganz ausgeschlossen.

Bei stärkerer Vergrösserung erkennt man in den Nervenschatten vereinzelte dunkler gefärbte Fasern, die sich indess in unmittelbarer Nähe der Stämme nicht auf längere Strecken verfolgen lassen. Auch im Bereich der Mittellinie verlaufen viele geschwärzte Fasern in der Richtung nach der degenerirten Seite,

Fig. 3.

sie lassen sich hier bei der intensiven Blassfärbung der degenerirten Fasern gut erkennen, soweit es die Dicke der Schicht zulässt. Vielfach findet man so Bilder, die der Fig. 1 ähneln, und welche, um Wiederholungen zu vermeiden, nicht gezeichnet sind. Eine directe Anastomose eines gesunden mit einem degenerirten Nerven über die Mittellinie herüber vermittelst einer von Anfang bis zu Ende klar zu erkennenden Faser lässt sich nicht ermitteln,

Neben den beiden degenerirten Nerven ist noch ein grösserer Ast eines lateral (rechts) verlaufenden Stammes, der durch den Schnitt oder einen Nadelstich getroffen sein muss, degenerirt. Es liegen sich hier im Gegensatz zu Fig. 2 centrales und peripheres Ende des Nerven gegenüber, und es resultirt ein interessantes Bild von dem regenerativen Faserverlauf. Die betreffende Stelle ist in Fig. 3 bei schwacher Vergrösserung zur Darstellung gebracht (Zeichenprisma).

N. bezeichnet den intensiv geschwärzten Nervenstamm, dessen Seitenast bei *a.* durchtrennt war. Das centrale Ende ist nun gelockert und spulenartig aufgetrieben, seine Fasern zum grössten Teil nach innen umgebogen und eingerollt; sie erscheinen am äussersten Ende blasser gefärbt, man kann aber nicht entscheiden, ob diese Veränderung schon bei der ersten Ranvier'schen Einschnürung Halt macht. Das periphere Ende ist im Gegensatz zum centralen blass gefärbt, da es sehr viel degenerirte Fasern enthält. Daneben erkennt man aber in demselben eine grosse Anzahl dunkler und ganz schwarz gefärbter Fasern, welche zum grössten Theil mit dem centralen Stumpf in Verbindung stehen, indem sie den Zwischenraum theils in abnormen Windungen überbrücken. Ausserdem gehen von der Peripherie des peripheren Endes eine Menge feiner zellenreicher Fäserchen aus. die an das Bild in Fig. 2 erinnern. Auch sie scheinen mit den Schwann'schen Scheiden in Verbindung zu stehen. Die beide Enden vereinigenden Fasern, welche übrigens ausschliesslich zur Kategorie der dicken Primitivfasern gehören, machen den Anschein, als ob sie nur dazu bestimmt gewesen sind, die zerstörte Verbindung zwischen beiden Enden wieder herzustellen, und ihre abnormen Windungen lassen darauf schliessen, dass sie bei ihrem Wachsthum oft vom Wege abgeirrt sind. So sieht man auch einige Fasern, welche vom centralen Ende auslaufen, ihren Bestimmungsort, das periphere Ende, aber nicht erreicht haben; sie irren vielmehr vollkommen ziellos umher und scheinen weder von dem Verlauf anderer Nervenbahnen noch vom Verlauf der Gefässe beeinflusst zu werden.

Versuch III.

Mittelgrosser Landfrosch. 5. VIII. 99 Operation: rechtsseitiger Lappenschnitt mit Resection zweier Nerven, 4 Nähte.

Die Heilung erfolgt hier nahezu glatt. Sensibilitätsstörungen konnten nicht festgestellt werden.

9. IX. 99; die Wunde ist glatt vernarbt, das Allgemeinbefinden ohne Störung.

19. V. 00 getödtet zur Anfertigung des Präparats in derselben Weise wie bei den beiden anderen Versuchen.

Der Zeitraum zwischen Operation und Tödtung beträgt hier $9^1/_2$ Monate. Die Abtrennung der Haut geschah sehr leicht, da dieselbe an keiner Stelle verwachsen war. Dem entsprechend war auch von einer etwaigen Wiedervereinigung der resecirten Nervenstümpfe Nichts zu bemerken. Die centralen Enden waren rudimentär noch vorhanden und endeten frei in dieser Gestalt in den Lymphsack, von den peripheren war makroskopisch gar nichts mehr zu sehen. Die mikroskopische Untersuchung zunächst nach dem Grade der Degeneration ergiebt, dass die ersten Ram. dors. auf beiden Seiten normal geblieben sind, dagegen ist der nun folgende auf der rechten Seite nur zum Theil erhalten, einige lateral ziehende Aeste sind von Schnitt oder Nadel getroffen und am Ende aufgefasert. Der 3. Ramus dors. der rechten Seite ist total degenerirt; sein gesammtes Fasernetz erscheint blassgelb bindegewebig; er hat nur in seiner Peripherie, namentlich im Bereich der Mittellinie, einige wenige dunkler gefärbte Fasern. Der 2. resecirte Nerv, welcher diesem caudalwärts folgt, tritt in die Cutis gerade in dem caudalen Querschnitt, so dass sein Anfangstheil durch die narbigen Trübungen und die stets in den Narben vorhandene Anhäufung von Pigmentzellen undeutlich geworden ist. Auch dieser Nerv ist vollkommen geschwunden.

Die nicht operirte linke Seite zeigt in der oberen Hälfte normale Verhältnisse, die Nerven sind dunkel gefärbt, sie enthalten aber durchweg neben den geschwärzten Fasern reichlich hellere und zerfallene, was bemerkenswerth ist.

Der untere (caudale) Theil verhält sich insofern abnorm, als hier statt 1 oder 2 grösserer Aeste eine Menge kleinerer Aeste, etwa 13, welche theilweise nur aus einigen wenigen Fasern bestehen, in die Haut eintreten; ob dieselben theilweise zusammengehören und Seitenäste eines grösseren im Lymphsack bereits getheilten Hauptstammes sind, oder ob sie auch durch den Lymphsack getrennt verlaufen, entzieht sich der Beurthei-

lung. Ebenso wenig lässt sich feststellen, ob sie ein Product der Degeneration sind und sich vielleicht compensatorisch für die degenerirten Stämme gebildet haben.

Rücksichtlich des specielleren Faserverlaufs bietet sich in Bezug auf ihr Verhalten zur Mittellinie ein ähnliches Bild wie bei Versuch II. Gesunde Fasern überschreiten dieselbe an vielen Stellen und verlieren sich im degenerirten Netz der gegenüberliegenden Seite, sie lassen hier aber viel früher und ausgeprägter Zeichen von Degeneration, Quellung der Marksubstanz und körnigen Zerfall, erkennen, als es z. B. bei dem Versuch I (cf. p. 455) der Fall war. Da ausserdem, wie erwähnt, in den gesunden Stämmen viele geschädigte Fasern zu finden waren, so muss man hier wohl annehmen, dass diese Erscheinung zum grössten Theil auf eine der Eingangs erwähnten die Nerven im Allgemeinen alterirenden Schädlichkeiten zurückzuführen ist.

Im Uebrigen bietet das Präparat nichts besonders Bemerkenswerthes. Es ähnelt, was die abgelaufene Degeneration anbelangt, dem Präparat von Versuch II.

Versuch IV.

Mittelgrosser Landfrosch. Operation 18. IX. 99: rechtsseitiger Lappenschnitt mit Resection eines Nerven. Heilung erfolgt glatt, ohne secundäre Infection. Der übrige Verlauf wie bei den vorhergehenden Versuchen.

20. V. 00 getödtet, also nach 8 Monaten, zur Anfertigung des Präparats. Auch bei diesem Thier war weder eine directe Verwachsung noch eine durch bindegewebige Verklebungen begünstigte Vereinigung der Stümpfe der resecirten Nerven innerhalb des Lymphraums eingetreten. Auch hier musste also eine Regeneration von Seiten der centralen Stümpfe in das degenerirte Gebiet unmöglich gewesen sein.

Die mikroskopische Untersuchung des letzteren ergiebt abgelaufene Degeneration des resecirten 2. Ram. dors. rechts, während sämmtliche übrigen Nerven gut erhalten sind. Dieselben enthalten auch nicht, wie es bei Versuch 3 der Fall war, zerfallene oder alterirte Fasern, sondern alle Fasern sind vorzüglich gleichmässig gefärbt. Der einzige degenerirte Nerv erscheint gleichmässig blass und enthält nur an der Peripherie seines Fasernetzes einige dunklere Fasern. Letztere sind, da sie von der

anderen Seite kommen, im Bereich der Mittellinie der einzige Beweis vom Faserübergang über dieselbe. Typischere Stellen sind im Präparat nicht aufzufinden.

Auch rücksichtlich der Regeneration bietet das Präparat nichts Bemerkenswerthes. Dagegen zeichnet dasselbe sich durch seinen Reichthum an den dicken schon oft erwähnten Primitivfasern in hervorragender Weise aus, die ausnahmsweise ausserordentlich gut gefärbt sind. In manchen Aesten sind sie fast ausschliesslich vorhanden und ihr Versorgungsgebiet erreicht nicht selten die Grösse von 2—3 □ mm, wenn man davon absieht, dass vereinzelte auf eine noch längere Strecke ungetheilt verlaufen, um dann erst in dem eigentlichen Versorgungsgebiet eines benachbarten Nerven die Seitenäste abzugeben. Ihr iso-

Fig. 4.

lirter Verlauf mit Rücksicht auf das übrige Nervennetz ist durchweg in der Nähe des Mutterstammes am ausgesprochensten. Je mehr man sich dem Grenzgebiete zweier oder mehrerer Nervenplexus nähert, desto seltener sieht man sie letztere durchqueren und desto mehr halten sie sich in ihrem Verlauf an das gewöhnliche Netz. Dies ist besonders auffallend in der Gegend der Mittellinie, und hieraus resultirt wohl die Schwierigkeit an,

diesen doch sehr charakteristischen Fasern den Uebergang von einer Seite auf die gegenüberliegende nachzuweisen. Von ihrem Mutterstamm zweigten sie bislang frühestens direct nach dem Eintritt des letzteren in die Haut ab. In diesem Präparat finden sich nun aber auch Stellen, an welchen die Abzweigung bereits im Lymphsack, also vor dem Eintritt in die Haut, erfolgt. Eine solche Faser ist die mit *a.* bezeichnete in Fig. 4. Dieselbe verläuft, da ihr Nervenstamm *N.* erst bei der Linie *m. n.* in die Haut tritt, auch ausserhalb der letzteren getrennt vom Nerv. Die Figur ist wie die anderen mit dem Zeichenapparat bei schwacher Vergrösserung angefertigt. Die Theilungen der Fasern und ihre Verästelungen sind vollständig mit eingetragen.

Das Charakteristische dieser Fasern ist, wie schon oft erwähnt, ihre Dicke; nicht selten unterscheiden sie sich hierin aber auch von einander, ganz abgesehen davon, dass bei Degenerationsvorgängen das Mark quellen und dadurch die ganze Faser an Umfang gewinnen kann.

Fig. 5.

In diesem Präparat sind die Fasern durchweg gesund und trotzdem gleichmässig ausserordentlich verdickt. Ein Beispiel hierfür ist die Faser der Abb. 4, deren Theilung bei *x* in Fig. 5 bei stärkerer Vergrösserung noch einmal wiedergegeben ist, um ihr Grössenverhältniss zu den gewöhnlichen Fasern, welche sie an der betr. Stelle gerade schneidet, zu beleuchten. Man sieht, dass sie diese Fasern um mehr als das Doppelte an Breite übertrifft.

Ein Schluss auf eine besondere physiologische Function kann schon hieraus gerechtfertigt erscheinen.

Versuch V.

Mittelgrosser gesunder Landfrosch. 3. VIII. 99 Operation: linksseitiger Lappenschnitt mit Resection von zwei Nerven. 6 Nadeln.

9. IX. 99 reactionslos geheilt; keine nennenswerthe Sensibilitätsstörung. Ist sehr munter und frisst gut.

31. V. 00 getödtet zur Anfertigung des Präparats.

Die Zeitdauer zwischen Operation und Tödtung beträgt nicht ganz 10 Monate. — Die betreffenden centralen und peripheren Stümpfe der resecirten Nerven erwiesen sich bei der Ablösung vollkommen retrahirt und verkümmert. Im Uebrigen war die resecirte Seite stellenweise fest mit der Unterlage verwachsen und liess sich nur mit der Scheere von derselben trennen. Die Möglichkeit, dass diese Adhäsionen Uebergangsfasern von den centralen Nervenstümpfen in die Haut und besonders in das degenerirte Gebiet enthielten, liess sich bei diesem Versuch, ähnlich wie bei Versuch II, nicht ganz ausschliessen.

Mikroskopisch zeigt sich an dem gut gelungenen Präparat folgendes Bild: Die beiden resecirten Nerven erscheinen im Ganzen blass; ihre Hauptstämme enthalten aber neben bindegewebigen Strängen, den Residuen der zu Grunde gegangenen Fasern, die stellenweise in länglich kernhaltige spindelförmige und ovale Zellen übergehen, auch gesunde, gut gefärbte Nervenfasern, welche sich auf dem helleren Hintergrund gut verfolgen lassen. Ueber den Ursprung dieser Fasern soll unten genauer berichtet werden.

Auch das feinere Nervennetz in der Mitte ist gut zu erkennen in Bezug auf den Uebergang von Fasern der einen Seite zur gegenüberliegenden. Nur fällt eine unregelmässigere Anordnung auf; an manchen Stellen durchkreuzen sich 2—3 verschiedene, nur durch kleine Anastomosen mit einander in Verbindung stehende Netzsysteme, die unzweifelhaft zum Theil jüngeren Datums sind und wohl als Regenerationserscheinung angesehen werden müssen.

Die gesunden Nerven, welche den degenerirten gegenüberliegen, betheiligen sich an diesem Netz nur in ergingem Grade. Dagegen gehen von ihnen dicke Fasern aus, welche sich über die Mittellinie herüber bis nahezu in einen degenerirten Stamm der anderen Seite hinein erstrecken. Ein gleiches Verhalten fanden wir schon bei den früheren Versuchen; hier ist nur die Menge der die Mitte überschreitenden Fasern, die oft einzeln, oft auch zu einem Strang vereint, verlaufen, auffallend. Eine einzelne Faser liess sich nun bis in einen Hauptstamm der

anderen Seite hinein verfolgen und diese ist in Fig. 6 zur Darstellung gebracht; die Zeichnung ist in derselben Weise wie

Fig. 6.

Fig. 1 verfertigt, N_1 und N_2 sind die gesunden Nerven der

rechten, N_3 und N_4 die degenerirten und darum blasser gezeichneten der linken Körperseite. *M. caud.* — *M cr.* bedeutet wieder wie oben die Mittellinie. Mit *a* ist die vom Nerven N_2 ausgehende und bis in den Nerven N_4 verlaufende Faser bezeichnet, welche sich auf ihrem Wege vielfach theilt und im Allgemeinen das Nervennetz berücksichtigt; obwohl sie der Kategorie der dicken Fasern angehört. Bei *x* war ihr weiterer Lauf sehr schwer zu eruiren, da lange Pigmentzellen das Bild undeutlich machten. Auch bei *xx.* ist eine undeutliche Stelle, die einen weiteren Verlauf nur vermuthen lässt. Eine andere mit eingezeichnete Faser *b.* erstreckt sich auch sehr weit ins degenerirte Gebiet, lässt sich aber mit Faser *a.* an Ausdehnung nicht vergleichen. Sie verläuft bei *xx.r.* unter dem alten Nervenstumpf N_3, der aus mehreren mitteldicken Stämmen besteht, in die er sich wahrscheinlich schon im Lymphsack getheilt hat.

Was nun die Frage anbelangt, ob diese Uebertrittsfasern Produkte der Regeneration sind, oder ob sie als von einem gesunden Nerven stammend auch zwischen degenerirten Fasern einer Degeneration entgangen sind, also ihren ursprünglichen Verlauf beibehalten haben, so ist wohl mit Bestimmtheit anzunehmen, dass letzteres der Fall ist. Hierfür spricht in erster Linie der sich nach der allgemeinen Netzanordnung richtende Verlauf der gezeichneten Faser, der besonders im degenerirten Gebiet bemerkenswerth ist. Eine neu entstandene Faser von gleicher Dicke wie Faser *a.* würde nach der Tendenz der neu wachsenden Fasern dieser Kategorie wohl die alten Bahnen der degenerirten Nerven nicht berücksichtigt haben.

Es ist daher wohl mit Sicherheit anzunehmen, dass sie, nicht gestört in ihrer Ernährung vom gesunden Nerven aus, den von den benachbarten degenerirten Fasern ausgehenden alterirenden Einflüssen widerstanden hat.

Da so viele Degenerationspräparate durchmustert werden mussten, bis ein direkter Faserübergang über die Mittellinie nachgewiesen werden konnte, so müssen dem Auffinden derselben gewisse Schwierigkeiten entgegenstehen, welche eben auch den früheren Forschern hinderlich waren und sie bislang zu keinem positiven Resultat kommen liessen.

Diese Schwierigkeiten bestehen einmal in der Unmöglichkeit, eine, wenn auch dicke und gut gefärbte Faser in einem

aus mehr als etwa 4 Fasern bestehenden Strang auf eine grössere Strecke im Auge zu behalten. Dann muss man annehmen, dass in der That nur sehr wenige Fasern in der in Fig. 6 wiedergegebenen Weise verlaufen, da die meisten bereits etwa in der Mitte zwischen Mittellinie und Nerven enden.

Schliesslich ist schon oben bemerkt worden, dass ein isolirter Verlauf von den bekannten dicken Fasern, welcher in der Nähe des Hauptstammes sehr häufig ist, im Bereich der Mitte sehr selten anzutreffen ist. Sie halten sich in dieser Gegend eben mehr an das Fasernetz.

Ein schönes Beispiel einer vom Stamm ausgehenden isolirten Faser ist die in Fig. 6 punktirt eingezeichnete Faser *c.*; sie verlässt den Stamm verhältnissmässig früh und versorgt einen ziemlich grossen Hautbezirk. Ihre vielfachen Theilungen bieten nichts Abnormes mit Ausnahme der mit *y.* bezeichneten; diese erfolgt nämlich in der Mitte der betr. Strecke, ohne dass die beiden Theiläste sich sofort räumlich von einander trennen. Die Aeste laufen vielmehr erst eine beträchtliche Strecke theils neben-, theils unter- und übereinander, bis sie sich schliesslich in einer Weise trennen, die bei flüchtiger Beobachtung erst als Theilung erscheint (cf. Fig. 7).

Fig. 7. Theilungsstelle *y* der Faser *c* von Fig. 6.

Es wurde oben bereits von den in diesem Präparat auffallenden, aus jungen Fasern bestehenden, verschiedenen Netzsystemen gesprochen. Derartige Netze finden sich nun mit Vorliebe in der Nähe der Hauptstämme namentlich auf den degenerirten Seiten, so dass letztere von den Fasern wie umsponnen erscheinen. Am deutlichsten ist dies bei Nerv N_3 in Fig. 6. Von diesem Nerv sind nur die grösseren Seitenäste im Präparat vorhanden; dieselben sind in dichte Verwachsungen — in Fig. 6 etwas schattirt — eingebettet und in diesen Verwachsungen hat sich nun ein reiches, meist aus den dicken Primitivfasern bestehendes Fasernetz entwickelt, in Fig. 6 punktirt eingezeichnet. Die Fasern verlaufen vollkommen ziellos durch einander, sie verbinden zum Theil die beiden resecirten Stämme, zum Theil streben sie benachbarten gesunden Stämmen zu. In der Figur

sind die feineren und ganz jungen Fasern nicht berücksichtigt, so dass also in Wirklichkeit das Fasergewirr noch viel dichter und complicirter ist.

Die punktirten Fasern verlaufen unter der die Stämme enthaltenden Verwachsungsschicht. Der Ursprung der meisten dieser Fasern ist schwer zu erkennen, während sich einige mit Leichtigkeit in den caudal und den lateral benachbarten Nerven verfolgen lassen. Da sie in den Verwachsungen laufen und mit letzteren scharf abschneiden, sind sie höchstwahrscheinlich Regenerationsfasern der centralen Resectionsstümpfe, welche die Verwachsungen als Brücke benutzt haben, um in die Haut eintreten zu können. Es ist dies ein nicht beabsichtigtes Ergebniss, da ja gerade der Hauptzweck unserer Operationsmethode der war, eine Regeneration vom centralen Stumpf zu verhindern, um dann die Versorgung der beiden resecirten Gebiete von anderen Nerven aus zu beobachten.

Versuch VI.

Grosser kräftiger Landfrosch 9. IX. 99 Operation. Dieselbe ist insofern modificirt, als zunächst ein rechtsseitiger Lappenschnitt mit Resection von 4 Nerven angelegt wurde; dann wurde die Wunde durch Nähte geschlossen und links ein etwa 1 cm langer Längsschnitt geführt, welcher in der Mitte zwischen Rückenwulst und Mittellinie parallel zur letzteren verlief und die bereits in der Haut verlaufenden Verzweigungen der linksseitigen Ram. dors. med. durchtrennte.

Zweck dieser Modification war, den Ausgangspunkt der Regeneration und ein event. Ueberschreiten der von der linken Seite neu gebildeten Fasern über die Mittellinie erkennen zu können. Auch diese Wunde wurde durch Nähte geschlossen.

Beide Wunden heilten — dieses Mal unter Jodol — fast reactionslos.

6. VI. 00 getötet zur Anfertigung des Präparats.

Zeitraum zwischen Operation und Tötung beträgt nicht ganz 9 Monate. Trotz des schweren Eingriffs waren hier keine Verwachsungen im Lymphsack vorhanden. Die noch eben sichtbaren Resectionsstümpfe lagen weit von einander getrennt.

Das Präparat weist, mikroskopisch betrachtet, zunächst, was die Degeneration anbelangt, vier nahezu vollständig degenerirte Nerven der rechten Seite auf. Namentlich der 4. Ram.

dors. ist nur noch ein bindegewebiger Strang ohne jede Faserzeichnung. Auf der anderen Seite ist zwischen Mittellinie und Nervenstämmen deutlich die Narbe des Längsschnitts sichtbar, welche eben nur die Seitenäste der linksseitigen Ram. dors., nicht die Stämme selbst, getroffen hat. Nur muss der 4. Nerv während seines Verlaufs im Lymphsack getroffen worden sein, da er auch auf dieser Seite in toto degenerirt ist. Das zwischen den Schnitten resp. Nerven gelegene Hautgebiet musste also eine Zeit lang von Nerven vollkommen unversorgt gewesen sein; auch jetzt ist es noch schwer, gut erhaltene Fasern in demselben zu finden. Dass die Nervenleitung hier eine Zeit lang ganz unterbrochen gewesen sein muss, erkennt man namentlich aus der neurotrophischen Veränderung der Pigmentzellen. Letztere unterscheiden sich ganz erheblich von den gleichgearteten in gesunden, d. i. von Nerven versorgten, Hautbezirken. Sie sind grösser und plumper, ihre Fortsätze breiter und weniger zierlich verzweigt; sie communiciren durch dieselben oft miteinander, was unveränderte Pigmentzellen nur selten thun. So findet man z. B. in der Mitte des betr. Hautbezirks einige dichte Rasen ineinandergeketteter Pigmentzellen. Ein Beweis für die neurotrophische Natur dieser Erscheinung ist der Umstand, dass auf der linken Hälfte unmittelbar hinter der Längsschnittsnarbe sich wieder normale Pigmentzellen vorfinden.

Durch diese dicht gelagerten Pigmentzellen findet übrigens eine ausserordentliche Erschwerung der feineren Faserbeobachtung statt. Gegen einen dunklen Hintergrund gehalten, hebt sich im Präparat mikroskopisch dieses zellenreiche Gebiet als hellglänzende, wenig durchsichtige Partie ab.

Der Faserverlauf bietet in diesem Präparat in mancher Beziehung Bemerkenswerthes. So findet man zunächst an manchen Stellen der linken Seite ein vollkommen planloses Gewirr von Fasern, welche meist von den lateral von dem Längsschnitt liegenden centralen Enden der vom Schnitt getroffenen Aeste ausgehen. Von einem Nervenstumpf schwärmen sie z. B. an einer Stelle plötzlich nach allen Richtungen hin auseinander und ähneln in dieser Weise nicht wenig einem Medusenhaupt. Die einzelnen Fasern verhalten sich dabei noch verschieden. Einige sind am Ende des centralen Stumpfes nach innen eingerollt, nachdem sie bis zur letzten Ranvier'schen Einschnürung degenerirt waren, andere streben in

spiraligen Windungen nach verschiedenen Richtungen, auch nach der Mittellinie, wieder andere bilden nur eine Schleife und kehren dann zum Stumpf zurück. Man sieht eben eine völlige Regellosigkeit im Wachsthum der neuen Fasern. Dass sich die schon im normalen Nervennetz durch ihren besonderen Verlauf auszeichnenden dicken Primitivfasern sehr rege an diesem Durcheinander betheiligen, bedarf kaum der Erwähnung. Sie lassen sich jedoch, je jünger sie sind, desto schlechter färben.

Aus den bindegewebig veränderten alten Nervensträngen im Gebiet der Mittellinie und dem Reichthum an entarteten Pigmentzellen erkennt man also, dass ein nervöser Einfluss im Bereich der Mitte des Körpers vollkommen gefehlt haben muss; es müssen also alle jetzt daselbst nachweisbaren gefärbten Fasern neugebildete sein.

Gehen wir nun zunächst, um diesen Fasern nachzuspüren, von dem Längsschnitt links zwischen Mittellinie und Rückenwulst aus. Hier finden sich wie schon erwähnt, viele der Mittellinie zustrebende Seitenäste, welche von dem Schnitt getroffen waren. Die meisten Fasern sind in denselben centralwärts nur eine kurze Strecke degenerirt und peripherwärts jenseits der Narbe vollkommen entfärbt. Am cranialen Ende der Längsschnittsnarbe sind jedoch einige Fasern zu erkennen, welche als Produkt einer Regeneration vom centralen Nervenstumpf aus anzusehen sind; sie gehen wenigstens aus letzterem hervor, überschreiten die Narbe und verlieren sich, im alten Nervengeleise laufend, im degenerirten Gebiet. Derartige Stellen sind aber vereinzelt.

Häufiger ist die Erscheinung, dass vor der Narbe die Nerven beider Seiten Halt machen und sich cranial- oder caudalwärts wenden, so dass die Narbe selbst frei von Fasern ist. Am unteren (caudalen) Theil dieser Narbe befindet sich der Eingangs der Besprechung des Präparats erwähnte aufgefaserte Nervenstamm. Hier scheinen sich die Fasern nach der Schädigung zum Theil wieder erholt, zum Theil regenerirt zu haben; man sieht wenigstens die meisten Fasern erst in abnormen Windungen und Schleifen an derselben Stelle beharren, um dann erst eine bestimmte Richtung einzuschlagen. Viele wenden sich dann im Anschluss an das alte Nervennetz der Mittellinie zu, überschreiten sie und verlieren sich auf der gegenüberliegenden Seite. Sie lassen sich dabei wohl in die Nähe eines degenerirten gegenüber-

liegenden Stammes verfolgen, aber nicht bis in denselben hinein. — Weiter caudalwärts findet sich der in Fig. 8 abgebildete Verlauf, welcher einen dirketen Uebergang über Narbe und Mittellinie von Seiten neugebildeter Nervenfasern aufweist. Es sind in die mit dem Prisma angefertigte Figur nur einige wenige besonders schön verlaufende Fasern eingezeichnet. So trennt sich die Faser *a.* vor der Narbe *x.* von ihrem Stamm *N. L.*, überschreitet mit einer Schleife die Narbe, wobei sie schon

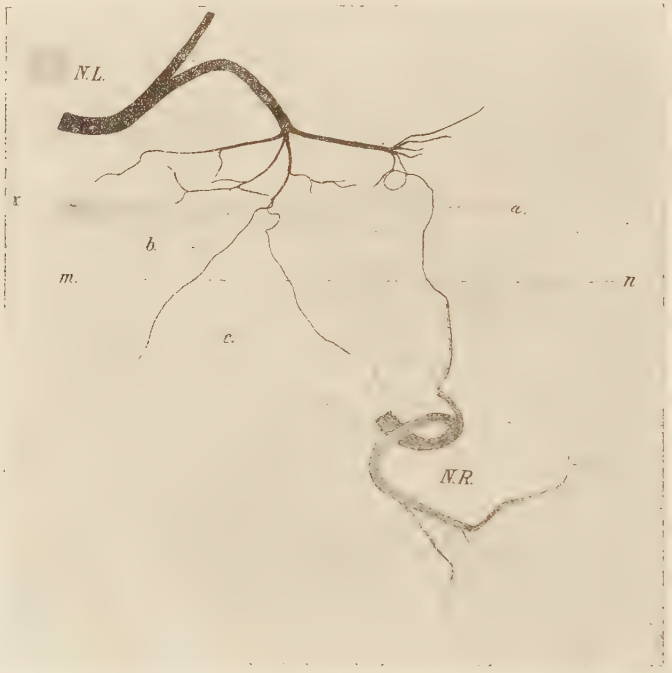

Fig. 8.

etwas oberflächlich verläuft, geht dann in das alte Netz der Nerven *N. R.* über und endet in einem Hauptast desselben. Faser *b.* verliert dagegen nach dem Uebergang über die Narbe bald ihr Mark und endet nach einigen Windungen als feine Faser im gegenüberliegenden Gebiet. Beide Fasern gehören ausnahmsweise nicht zur Kategorie der dicken Fasern. Nerv *N. R.* enthält übrigens, obwohl resecirt, noch ziemlich viele, allerdings in abnormen Windungen verlaufende, Fasern, von denen er auch einige über die Mittellinie —*mn*— herüber in die Nähe der Längsschnittsnarbe schickt.

Die letzten correspondirenden Nervenstämme dieses Präparats sind beiderseits noch total degenerirt, sie enthalten in ihren blassgelben Strängen auch nicht eine einzige erhaltene Nervenfaser, da ihre gegenseitig anastomosirenden Fasern eben auch geschwunden sind. Erst in der Peripherie ihres Faser- resp. Strangnetzes treten wieder gefärbte Fasern der Nachbarstämme auf.

Versuch VII.

Mittelgrosses gesundes Thier. 16. VIII. 99 Operation: linksseitiger Lappenschnitt mit Resection von 2 Nerven. Schluss der Wunde durch fortlaufende Naht.

9. IX. 99 geheilt ohne Sensibilitätsstörungen noch Secundärinfectionen.

14. VI. 1900 getötet zwecks Anfertigung des Präparats. Die Tötung geschah nach vorheriger Entblutung wie bei den anderen Versuchen.

Zeitraum zwischen Operation und Tötung beträgt 10 Monate. — Auch bei diesem Versuch war eine Wiedervereinigung der in den Lymphraum hineinragenden Resectionsstümpfe nicht eingetreten, so dass sich also auch hier der centrale Theil der resecirten Nerven nicht an der Regeneration betheiligen konnte.

Bei mikroskopischer Betrachtung des Präparats ergiebt sich als Resultat der Operation eine fast vollständige Degeneration der beiden resecirten Nerven; sie enthalten nur einige wenige gut gefärbte Fasern. Der 3. Ram. dors. links ist ausserdem von dem caudalen Querschnitt getroffen und lässt im Präparat centrales wie peripheres Schnittende gut erkennen. Es ist diese Stelle, da in ihr die Art der Kommunication zwischen centralem und peripherem Nervenende vermittelst neugebildeter Fasern besonders deutlich ist, in Fig. 9 zur Darstellung

Fig. 9.

gebracht. Die Herstellung derselben erfolgte in derselben Weise wie die der übrigen Figuren vermittelst des Zeichenprismas. Der Nerv wurde bei schwacher Vergrösserung erst skizzirt und dann die einzelnen Fasern nach der stärksten Vergrösserung nachträglich eingetragen. Man erkennt leicht die Auffaserung des centralen Stumpfes, die an frühere Bilder erinnert. Das periphere Ende, in der Figur blass gehalten, ist völlig degenerirt.

Fig. 10.

Die wenigen erhaltenen Fasern, die es empfängt, stammen vom centralen Theil. Interessant ist die Art des Uebertritts dieser

Fasern. Sie kommen in geringer Anzahl — nur 3—4 — aus der Mitte des Faser-Pinsels und erreichen in Windungen die degenerirten Aeste. Die übrigen vom centralen Theil ausgehenden neugebildeten Fasern — in der Figur nur zum Theil gezeichnet — gehen nach allen Richtungen auseinander, so dass man wohl annehmen muss, dass eine besondere Anziehungskraft für die Wachsthumsrichtung der neuen Fasern von Seiten zu Grunde gegangener Nervensubstanz in diesem Fall nicht vorhanden gewesen ist.

Einige Verwachsungen sind auch in diesem Präparat trotz des reactionslosen Verlaufs der Heilung zu erkennen.

Die Nerven der gesunden Seite sind gut schwarz gefärbt und völlig frei von veränderten Fasern.

Am Auffallendsten ist in diesem Präparat eine Regellosigkeit und ein Reichthum der einzeln, d. i. isolirt verlaufenden Fasern, wie sie in keinem der anderen Präparate vorhanden war. Ueberall, sowohl in gesunden als in den degenerirten Hautbezirken sieht man sie das Nervennetz durchqueren. Eine völlig abnorm verlaufende derartige dicke Faser aus einem gesunden Hautgebiet ist in Fig. 10 dargestellt. Dieselbe geht von dem lateral vom Lappenschnitt gelegenen Nervenstamm *N.* aus und ist in der Figur mit dem Buchstaben *a.* bezeichnet und dadurch kenntlich gemacht. Sie durchläuft eine lange Strecke, etwa 3 mm, in grossen Windungen ohne jede Theilung, um dann nicht in der Haut zu enden, sondern eher anscheinend eine Verbindung mit dem benachbarten Nerven herzustellen. Durch das Fehlen jeder Theilung unterscheidet sie sich hauptsächlich von den anderen gleichgearteten Fasern.

Auch die jungen in der Bildung begriffenen Fasern scheinen in diesem Präparat schon einen Hang zum abnormen Verlauf zu haben. Mit Vorliebe bilden sie feine Netze, aus denen dann stärkere Fasern hervorgehen. Ein derartiges Netz zeigt Fig. 11. Hier zweigen die jungen Fasern von einer alten ab (Schwann'sche Scheide?) und begeben sich in die oberen Schichten des Präparats. Der Reichthum an Kernen, namentlich an Stellen, wo sich mehrere Fäserchen treffen, spricht wohl für die Jugend der letzteren. Oft verlaufen sie schon eine Strecke lang in Bündel geeint, trennen sich aber meist bald wieder und laufen dann isolirt.

Die Zeichnung ist mit starker Vergrösserung nach dem un-

gefärbten Präparat (nur Osmiumsäure) vermittelst des Prismas angefertigt.

Die betr. Stelle befindet sich in der Narbe und die beiden sich kreuzenden dicken markhaltigen Fasern stammen wahrscheinlich von einem nicht resecirten Nerven derselben Seite. Auch letztere verlaufen sehr unregelmässig und theilen sich noch vielfach, ebenso geben sie noch weiter in ähnlicher Weise wie in Fig. 11 feine weiter wachsende und sich theilende Fasern ab.

Fig. 11.

In der Umgebung der resecirten Nerven findet man nun überall derartige Netze von jungen zellreichen Fasern, die als Ausgangspunkt den resecirten Stamm und seine wenigen gefärbten Fasern zu haben scheinen.

Auch ältere markhaltige Fasern sind in der Nähe des resecirten Stumpfes am häufigsten und durchkreuzen ihn mit den ihn umgebenden Verwachsungen auf die mannigfaltigste Weise ohne Rücksicht auf das alte Bahnnetz. Es kommen also Bilder zustande,

die an Fig. 6, N_3 erinnern. Sie verlaufen lateral- und medialwärts, biegen oft plötzlich um, machen Schleifen, wandern in die tieferen Schichten und kommen dann wieder an die Oberfläche. Auch sie gehen zum grössten Theil von dem Stumpf aus, der demnach doch nicht ganz von der Ernährung abgeschlossen gewesen sein muss. Nur zum kleinsten Theil betheiligen sich die Fasern der lateral benachbarten nicht operirten Nerven an dieser Regeneration.

Die bekannten dicken Fasern, welche sich schon so wie so durch ihren regellosen Verlauf auszeichnen, sind nicht minder von dieser allgemeinen Regellosigkeit ergriffen; auch sie bilden oft Schleifen, theilen sich, lassen ihre Seitenäste zu ihrem eigenen Stamm zurückkehren etc. Auch Dreitheilungen sind nicht selten. Eine besonders auffallende aus der Umgebung der resecirten ersten Nerven zeigt Fig. 12.

Was nun die Nervenfasern der gegenüberliegenden gesunden Seite anbelangt, so überschreiten sie wohl an vielen Stellen in der oben des öfteren geschilderten Weise die Mittellinie, betheiligen sich aber an der Regeneration der anderen Seite nur in geringem Grade. Wohl findet man an ihnen im Bereich der Mittellinie eine Vermehrung der Kerne der Schwann'schen Scheide und des Perineuriums resp. Endoneuriums, auch entsenden sie wohl einige Ausläufer, welche mit dem neugebildeten Netz (cf. Fig. 11) in Verbindung treten. Doch ist auffallend, dass diese Proliferation weit zurücktritt hinter derjenigen vom resecirten Nerven der anderen Seite aus, soweit man natürlich die Ausgangspunkte dieser jungen Fasern mit Sicherheit erkennen kann. —

Fig. 12.

Zweifellos ist indess, dass man in diesem Präparat dicke Primitivfasern, welche von den gesunden Nerven ausgehen und auf die resecirte Seite ziehen, selten findet. Dieselben waren in den anderen Präparaten deutlicher.

Versuch VIII.

Mittelgrosser Landfrosch. 16. VIII. 99 Operation: rechtsseitiger Lappenschnitt mit Resection von drei Nerven.

9. IX. 99 gut geheilt. Keine Sensibilitätsstörungen.

5. VII. 00 getötet. Es sind also seit der Operation bis zur Anfertigung des Präparates fast 11 Monate verflossen.

Mikroskopische Untersuchung des vorzüglich gefärbten Präparats: Man erkennt an der Anhäufung von Pigmentzellen noch deutlich die Narbe, während im Uebrigen Adhäsionen oder andere Entzündungsresiduen vollkommen fehlen. Dementsprechend war auch eine Wiedervereinigung der Resectionsstümpfe ausgeschlossen. Dieselben liessen sich bei der Lösung der Haut nicht mehr auffinden. Das Präparat ist in allen Theilen klar und durchsichtig.

Die 3 Dorsalnerven der rechten Seite, welche resecirt waren, sind vollkommen degenerirt und auch der 1. und 4. nicht resecirte Nerv muss von einem Schnitt, wahrscheinlich den Querschnitten, getroffen worden sein; beide sind nämlich trotzdem eine Regeneration von dem centralen Ende (nicht resecirt!) hätte stattfinden können, völlig entartet. Die correspondirenden Nerven der anderen Seite sind dagegen normal schwarz und enthalten keine einzige veränderte Faser.

In den blass erscheinenden Strängen der rechten Seite heben sich nun vereinzelte dunkler gefärbte, meist der Kategorie der bekannten dicken Primitivfasern angehörige Fasern scharf ab und diese erhaltenen Fasern lassen sich meist mit Leichtigkeit über die Mittellinie herüber bis in irgend einen Hauptast eines gesunden Nerven der anderen Seite verfolgen. Es sind also ähnliche Verhältnisse, wie sie schon früher beschrieben sind, und es ist daher von einer bildlichen Darstellung Abstand genommen. Unregelmässig verlaufende Fasern findet man hier im Gegensatz zu dem letzten Präparat viel seltener. Nur an einer Stelle — am Rande des Präparates — waren sie sehr auffallend und diese Stelle ist, da an ihr die Art der Kommunikation zweier verschiedener Primitivfasern im Bereiche der Mitte besonders deutlich ist, in Fig. 13 abgebildet. Es treffen sich hier Faser *a.* von der linken Seite und Faser *b.* von der rechten Seite ungefähr in der Mitte und ihre End-Verzweigungen treten mit einander vereint in die Oberhaut (*y.*), so dass also dieser kleine Hautbezirk von beiden

Seiten seine Innervation erhält. Interessant ist nebenbei die wiederholte Dreitheilung der Faser *b*. (bei *x*.), da sie in dieser Weise sehr selten auftritt.

Da diese Stelle, wie erwähnt, gerade an der Grenze des präparirten Hautstückes liegt, so sind leider die diese Fasern aussendenden Nervenstämme nicht zu sehen.

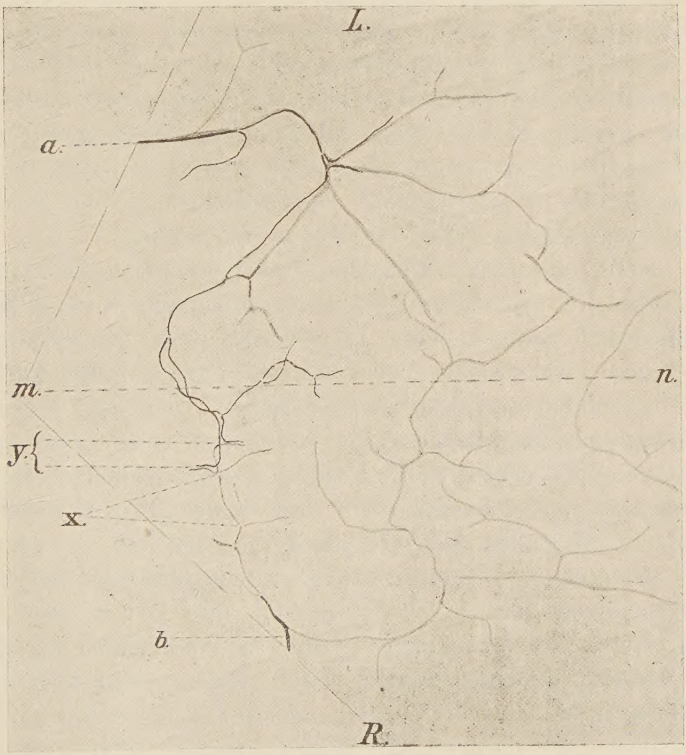

Fig. 13.

Zeichen einer wohl abgelaufenen Regeneration ist die Anhäufung von dicken und gleichmässig tingirten Fasern in unmittelbarer Nähe der Narbe. Ihre Jugend erkennt man an dem völlig unregelmässigen Verlauf, wie wir ihn in den früheren Präparaten schon oft an den jungen Fasern kennen gelernt haben. Sie bilden Schleifen, durchkreuzen sich etc. und nicht selten kehrt eine Faser nach verschiedenen Windungen wieder in ihren Mutterstamm zurück. Dabei zeichnen sie sich durch ihren Reichthum an Ranvier'schen Einschnürungen ganz besonders aus.

Im Uebrigen verlaufen in diesem Präparat die Fasern, wie erwähnt, völlig normal und bieten nichts Abnormes.

Ueberblicken wir noch einmal die Ergebnisse der angeführten Versuche, so finden wir durch sie zunächst die Angabe bestätigt, dass die Mittellinie kein Hinderniss ist für den Verlauf der Fasern von einer Körperhälfte zur gegenüberliegenden, dass also auch die der Mittellinie benachbarten Hautgebiete meist von mehreren Nerven versorgt werden. Es giebt sogar, wenn auch sehr vereinzelt, Fasern, welche direkt über die Mittellinie herüber zwei correspondirende Nervenstämme mit einander verbinden und bei Untergang des einen Stammes eine Innervation vom gesunden aus bewerkstelligen, einen „Impuls" leiten können.

Diese schwer aufzufindenden Fasern richten sich in ihrem Verlauf meist nach dem gewöhnlichen Nervennetz und unterscheiden sich dadurch nicht unwesentlich von einer Kategorie von Fasern, welche sich neben ihrer Dicke und guten Färbbarkeit durch ihren unregelmässigen Verlauf auszeichnen. Letztere, wohl auch physiologisch von den übrigen zu trennenden Fasern halten sich mit Vorliebe in der Nähe des sie entsendenden Nervenstammes auf und sind daher im Bereich der Mitte seltener aufzufinden. Sie theilen sich oft ausserordentlich häufig, meist in zwei, selten in drei Aeste, und können so mit ihren Verzweigungen ein Gebiet versehen, welches zwei bis drei □ mm gross sein kann. Nur in Ausnahmefällen verlaufen sie vollkommen ungetheilt.

Da bei den obigen Versuchen auch Regenerationsverhältnisse des Oefteren berücksichtigt werden mussten, möge es mir gestattet sein, auch diese noch einmal kurz zu rekapituliren. Um eine Regeneration vom centralen Nervenstumpf von vornherein auszuschliessen, war bei der Operation ein Stück aus dem Verlauf des Nerven resecirt und dadurch das eine Ende räumlich von dem anderen getrennt worden; eine spätere Vereinigung war infolgedessen auch in keinem Fall eingetreten. Wo vom centralen Resectionsstumpf ausgehende Regenerationsfasern auf dem Wege bindegewebiger Verwachsungen in die Haut gelangt sind, ist in den einzelnen Versuchen jedesmal besonders auf diesen Umstand aufmerksam gemacht worden. Es fand sich an den betreffenden Stellen dann stets ein dichtes aber regelloses Fasernetz, welches den in den

Verwachsungen fixirten degenerirten peripheren Nervenstumpf umspann, um dann erst in zweiter Linie sich in das Gebiet, dessen Nervenstämme resecirt waren, auszudehnen.

Dieses zeitweise völlig nervenlos gewesene Gebiet wurde nun in der Hauptsache wieder von Fasern benachbarter Nerven derselben Seite sowohl als auch der gegenüberliegenden Seite versorgt und interessant war die Art und Weise, wie diese Fasern in das degenerirte Gebiet hineinwuchsen. So schickten die correspondirenden Nerven der anderen Seite meist ihre einfachen, im Nervennetz verlaufenden Fasern über die Mittellinie, seltener eine der dicken, stärker gefärbten Nervenfasern. Die benachbarten Stämme derselben Seite waren am stärksten an der Regeneration betheiligt. Die einzelnen Fasern zogen in grosser Anzahl und meist völlig regellos in das entnervte Gebiet; sie liessen sich auch durch Narben oder Entzündungsresiduen nicht abhalten. Am schönsten sah man dies an den von Schnitten durchtrennten Aesten vom centralen Schnittende aus. Hand in Hand damit ging eine Bildung feiner junger Fasern, welche von den degenerirten Aesten der resecirten Nerven auszugehen schienen und welche nicht selten ihre eigenen Netzsysteme bildeten. Es genügt, darauf hinzuweisen, dass das hier Mitgetheilte für die bekannten Erscheinungen nach plastischen Operationen, Transplantationen, Vernarbung von Hautwunden zur Erklärung verwerthet werden kann.